

УДК 4.92

Мартьянова А. В.

УрФУ, г. Екатеринбург, Россия

Использование изотропных фильтров в обработке изображений

Аннотация

В данной статье предлагаются алгоритмы выделения границ, основанных на ортогональных преобразованиях двумерных сигналов. В качестве операторов преобразования используются изотропные фильтры. С помощью статистических характеристик полученных изображений определена эффективность изотропных фильтров в решении задачи обработки изображений.

Ключевые слова: изображение, градиент, граница, яркость, изотропный фильтр.

Martyanova A. V.

UrFU, Ekaterinburg, Russia

Using isotropic filters in images processing

Abstract

In given article algorithms of contours extraction are proposed, that based on two-dimensional discrete orthogonal transformations. Isotropic filters is used as operator of transformation. The modeling experiment results allow to determine the advantages and disadvantages of the filters in image processing.

Keywords: Image, Gradient, Contour, Brightness, Isotropic filter.

Введение

Основная цель цифровой обработки изображений - распознавание объекта или объектов на этом изображении. Как правило, на нем содержится большое количество неинформативных (малоинформативных) сведений, таких как, к примеру, изменение фона. Это мешает и восприятию и распознаванию, а

© Мартьянова А. В., 2016

1. Моделирование процессов восприятия текстовой и графической информации

также требует больших объемов памяти. В связи с этим, все шире применяются методы сокращения малоинформативных сведений, избыточности. Человеческое восприятие устроено таким образом, что проще оценить сегментированное изображение с подчеркнутыми (выделенными) контурами объектов, нежели размытую картину. О методах выделения границ объектов на изображениях и пойдет речь в данной статье [1–3].

1. Изотропные фильтры выделения границ

Алгоритмы выделения границ строятся на выделении контрастных перепадах яркости фона и объекта.

В идеальном случае, результат выделения границ представляет собой набор связанных кривых, обозначающих границы объектов, граней и оттисков на поверхности, а также кривые, которые отображают изменения положения поверхностей. Таким образом, применение алгоритма выделения границ к изображению позволяет существенно уменьшить количество обрабатываемых данных, из-за того, что наиболее важные структурные свойства изображения сохранены, а менее значимая часть отфильтровывается [4].

В качестве тестового изображения был выбран снимок, представленный на рис. 1.



Рис. 1. Исходное изображение

Для определения границ здесь применяются изотропные фильтры, т. е. фильтры, отклик которых не зависит от направления неоднородностей на обрабатываемом изображении: операторы Кирша и Превитта. В качестве предварительной обработки изображения, для сглаживания небольших шумов применен фильтр Гаусса (рис. 2).



Рис. 2. Изображение, сглаженное фильтром Гаусса

Рассматриваемые методы выделения границ основаны на определении краевых точек и малочувствительны к шумам и контрастности изображения, но требуют применения алгоритма объединения граничных точек, что не гарантирует замкнутости контуров. Процесс выделения границ основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке изображения, в каждой точке отклик фильтра определенным образом вычисляется для поиска разрывов яркости [1].

В качестве таких скользящих масок используются операторы Кирша и Превитта, представленные в таблице 1.

1. Моделирование процессов восприятия текстовой и графической информации

Таблица 1

Изотропные фильтры

<div>Маска</div> <div>Угол поворота</div>	Превитта	Кирша																		
0°	<table> <tr><td>-1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-2</td><td>1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	-1	1	1	-1	-2	1	-1	1	1	<table> <tr><td>-3</td><td>-3</td><td>5</td></tr> <tr><td>-3</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>-3</td><td>-3</td><td>5</td></tr> </table>	-3	-3	5	-3	0	5	-3	-3	5
-1	1	1																		
-1	-2	1																		
-1	1	1																		
-3	-3	5																		
-3	0	5																		
-3	-3	5																		
45°	<table> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-2</td><td>1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-1</td><td>1</td></tr> </table>	1	1	1	-1	-2	1	-1	-1	1	<table> <tr><td>-3</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>-3</td><td>0</td><td>5</td></tr> <tr><td>-3</td><td>-3</td><td>-3</td></tr> </table>	-3	5	5	-3	0	5	-3	-3	-3
1	1	1																		
-1	-2	1																		
-1	-1	1																		
-3	5	5																		
-3	0	5																		
-3	-3	-3																		
90°	<table> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> </table>	1	1	1	1	-2	1	-1	-1	-1	<table> <tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>-3</td><td>0</td><td>-3</td></tr> <tr><td>-3</td><td>-3</td><td>-3</td></tr> </table>	5	5	5	-3	0	-3	-3	-3	-3
1	1	1																		
1	-2	1																		
-1	-1	-1																		
5	5	5																		
-3	0	-3																		
-3	-3	-3																		
135°	<table> <tr><td>1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> <tr><td>1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1	-1	-1	1	-2	-1	1	1	1	<table> <tr><td>-3</td><td>-3</td><td>-3</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>-3</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>-3</td></tr> </table>	-3	-3	-3	5	0	-3	5	5	-3
1	-1	-1																		
1	-2	-1																		
1	1	1																		
-3	-3	-3																		
5	0	-3																		
5	5	-3																		

После применения данных операторов были получены результаты, представленные на рис. 3 и рис. 4.



Рис. 3. Результат работы оператора Превитта



Рис. 4. Результат работы оператора Кирша

2. Статистический анализ результатов

В задаче обработки изображений последние зачастую интерпретируются как случайные процессы двух переменных, т.е. как случайные поля [4]. Следствием чего является воз-

1. Моделирование процессов восприятия текстовой и графической информации

возможность применения статистических методов обработки информации для обработки изображений.

Для изображений на рис. 3 и 4 были подсчитаны такие статистические характеристики, как математическое ожидание, дисперсия и избыточность (относительная энтропия). Математическое ожидание (начальный момент) A_{ij} изображения размером $N_i \times N_j$ элементов представляет собой средний уровень яркости и рассчитывается следующим образом

$$M = \frac{1}{N_i \cdot N_j} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_j} A_{ij}.$$

Дисперсия изображения – это мера отклонения от средней яркости, мера рассеяния яркости, которая вычисляется следующим образом:

$$\sigma = \sqrt{u_2},$$

где $u_2 = m_2 - m_1$ – центральный момент,

$$m_2 = \frac{1}{N_i \cdot N_j} \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_j} A_{ij}^2 - \text{средний квадрат (второй мо-}$$

мент).

Важность расчета относительной (перекрестной) энтропии или избыточности обусловлена тем, что ее минимизация используется для оценки вероятностей редких событий, т.е. контуров на изображении. Для ее расчета используется энтропия

$$I = - \sum_i p_i \log_2 p_i,$$

где $p_i = P\{X = x_i\}$ – вероятность, с которой случайная величина X принимает значение x_i . А также энтропия при нормальном законе распределения

$$I_0 = \log_2(h_{\max} - h_{\min} + 1),$$

где h_{\max} и h_{\min} – максимальное и минимальное значения яркостей изображения.

Относительная энтропия показывает степень близости закона распределения к равномерному:

$$D = 1 - \frac{I}{I_0}.$$

В результате расчетов по вышеперечисленным формулам были получены значения, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Статистические характеристики результатов обработки

	Математическое ожидание	Дисперсия	Избыточность
Результат обработки оператором Превитта	13	241	0,88
Результат обработки оператором Кириша	44	210	0,42

3. Выводы

Учитывая, что обработка изображений – это присутствие шума и повышенное внимание к замкнутости контуров, в качестве этапа предобработки был применен фильтр Гаусса (рис. 2). На представленном выше изображении видно, что неоднородность водной глади была сглажена без потерь границ городской постройки.

После обработки сглаженного изображения изотропными фильтрами были получены следующие результаты.

Оператор Превитта выделяет достаточное количество границ, прослеживается замкнутый контур объектов. По статистическим оценкам видно, что при среднем уровне математического ожидания и дисперсии выделяется достаточно большое количество границ, а невысокая избыточность говорит о

1. Моделирование процессов восприятия текстовой и графической информации

большом количестве контурных линий. Оператор Кирша ввиду сравнительно больших коэффициентов ядра более явно выделяет границы объектов, но границы при этом между собой не сливаются. По статистическим характеристикам можно судить, что при среднем математическом ожидании и дисперсии изображение содержит очень достаточное количество границ. Низкая избыточность здесь говорит о большом количестве выделенных границ.

Таким образом, высокий уровень избыточности продифференцированного изображения говорит либо об слишком малом, либо о слишком большом количестве границ. Уровни же математического ожидания и дисперсии для оптимального выделения границ должны быть средними: 40–80 для математического ожидания и 180–210 для дисперсии. Стоит отметить, что статистический анализ может быть выполнен не только для изображения в глобальном его представлении, как представлено в данной статье, но и локальным образом - для любого заданного фрагмента, что и будет реализовано при дальнейших исследованиях.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072с.
2. Краснобаев А. А. Обзор алгоритмов детектирования простых элементов изображения и анализ возможности их аппаратной реализации [Электронный ресурс]; ИПМ им. М. В. Келдыша РАН. М., 2005. Режим доступа: http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep114/prep2005_114.html#_Toc1211514.
3. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учеб. пособие / И. С. Грузман, В. С. Киричук и др. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 352 с.
4. Яншин В. В., Калинин Г. А. Обработка изображений на языке Си для IBMPC: Алгоритмы и программы. М.: Мир, 1994. 240 с.